

LES CHANGEMENTS DE CLIMATS DEPUIS L'ÈRE PALÉOZOÏQUE

PAR A. AUBRÉVILLE

Les preuves abondent de changements de climats intervenus sur la Terre au cours des temps géologiques. Des régions qui connaissent aujourd'hui des climats tempérés ou froids eurent à certaines époques des climats chauds, et réciproquement tandis que déserts et zones humides se succédèrent. C'est pourquoi on découvre dans des régions subpolaires ou tempérées des flores fossiles chaudes, que des gisements de houille ont été trouvés au Groenland et, dans l'Antarctique, à une dizaine de degrés du pôle sud; que dans la zone tempérée existent des dépôts sédimentaires (bauxites, grès éoliens) parfois sur des épaisseurs considérables indiquant évidemment l'ancienne présence de milieux chauds ou arides; que des récifs coralliens s'étendirent vers le nord loin de leurs limites actuelles; que dans la zone équatoriale on peut rencontrer des couches de sel sur plusieurs centaines de mètres de profondeur (côtes du Gabon) accumulées dans une période d'intense évaporation de lagunes, ou, non loin de là des tillites au Mayumbé, témoins d'époques glaciaires; que des bois silicifiés attestent l'existence de forêts là où il n'y a plus que déserts (Sahara notamment); que des traces d'une immense glaciation permocarbonifère sont relevées au Brésil, en Afrique du Sud, dans l'Inde et en Australie, et que nous observons dans nos régions les marques évidentes des glaciations quaternaires.

De toute cette masse de faits il est résulté nombre de théories contradictoires sur les climats du passé. Elles ne peuvent laisser indifférents les botanistes puisque l'histoire des flores est intimement liée à celle des climats.

Une certaine conception paléoclimatique, souvent exprimée dans les traités de géologie, doit être définitivement écartée. Selon elle, la Terre aurait été uniformément chaude aux époques où se sont déposés ces « évaporites » et ces fossiles de flores chaudes dans des régions polaires ou subpolaires. Il est plus vraisemblable qu'à toute époque de l'histoire de la Terre il y eut simultanément des régions chaudes et froides, des déserts et des régions très humides, dont la répartition zonale était comme aujourd'hui, d'abord sous la dépendance du gradient thermique latitudinal pôle-équateur, puis de la distribution momentanée des terres et des mers et de l'orographie des continents. Ce gradient thermique méridien est l'effet du climat d'insolation des latitudes, qui résulte des lois de la géophysique. Nous en trouvons une expression mathématique dans un des récents ouvrages d'ETIENNE BERNARD auquel nous allons nous référer souvent dans cette note : « Le caractère tropical des paléoclimats à cycles conjoints de 11 à 21 000 ans et ses causes; migration des

pôles ou dérive des continents¹ ». Le gradient de température calculé de l'équateur au pôle nord est en moyenne de 48,9° dans l'année, variant de 35,7° pour le semestre d'été à 62,1° pour le semestre d'hiver. Il a pu varier dans le passé géologique du globe pour des causes astrophysiques ou cosmiques mais proportionnellement à la constance solaire, c'est-à-dire dans une faible mesure. Les astro-physiciens semblent admettre que cette dernière fut plus élevée qu'aujourd'hui durant les ères mésozoïque et cénozoïque, mais l'écart n'est pas tel qu'il en résultât un paléoclimat chaud aux hautes latitudes qui eût entraîné des températures si élevées dans les régions tropicales que toute vie eût été impossible.

Ces généralités s'imposent fondamentalement à toute théorie paléoclimatologique et s'opposent à des théories arbitraires avancées inconsidérément sur l'égalité des climats de la Terre à certaines époques géologiques.

Nous en concluons, d'accord avec BERNARD, que les flores fossiles découvertes dans les régions polaires n'ont pu écologiquement exister qu'à des latitudes subtropicales ou tropicales, et qu'elles fournissent le meilleur argument en faveur de la théorie des variations de latitude qui furent la cause des fluctuations des paléoclimats.

BERNARD apporte une contribution personnelle à cette théorie de la mobilité des paléoclimats par son originale interprétation de la formation des argiles à varves déposées dans des estuaires marins au dévonien supérieur et au carbonifère inférieur de Thuringe en Allemagne. Ces varves sont les unes à double feuillet, les autres à quatre feuillets. KORN qui les a étudiés² en avait tiré en 1926 la conclusion qu'au carbonifère inférieur, l'Europe moyenne devait jouir d'un régime pluviométrique doublement périodique avec deux saisons des pluies, et que par conséquent les dépôts de varves quadrifeuilletés n'avaient pu se produire qu'en climat équatorial. BERNARD y ajoute un argument en insistant sur l'alternance de couches à varves bifeuilletées qui indiquent un climat à deux saisons et de couches à varves quadrifeuilletées, indice d'un régime pluviométrique à double période. Cette alternance s'observe en Thuringe sur trois cycles ayant une durée moyenne de 21 000 ans, au sein de couches ayant 30 à 100 m d'épaisseur. BERNARD y voit une conséquence de sa théorie, sur laquelle nous reviendrons, du balancement cyclique de l'équateur calorifique de part et d'autre de l'équateur géographique entre 11° lat. N. et 11° lat. S. avec une période moyenne de 21 000 ans ce qui, en chaque lieu proche de l'équateur, entraîne un cycle de régime de pluies équatorial à deux saisons de pluies suivi d'un régime tropical à une saison de pluies. D'où pour BERNARD une confirmation de la conclusion déjà formulée par KORN que la Thuringe occupait il y a environ 320 millions d'années une latitude équatoriale ou subéquatoriale.

Un second principe important de paléo-climatologie qui semble admis aujourd'hui est celui de la permanence des lois générales de la

1. BERNARD, E. — Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. O. M. 13, 6 : 1-59 (1962) Bruxelles.

2. Cité d'après BERNARD *loc. cit.* p. 15.

circulation atmosphérique dans le passé. Elles sont un effet du climat d'insolation des latitudes et de la rotation de la Terre. Elles se sont toujours manifestées par de basses pressions équatoriales, des vents alizés orientés N.E.-S.W. dans l'hémisphère nord, S.E.-N.W. dans l'hémisphère sud à l'intérieur de la zone intertropicale, des pressions atmosphériques élevées vers les 30-35° latitude, une zone de vents d'ouest entre les 35° et 60°, des pressions basses subpolaires vers les 65°, des vents polaires d'Est entre 65° et 70° et au pôle de hautes pressions entre 80°-90°.

Du régime thermique conjoint au régime des vents et conjugué à celui des courants marins, il a toujours résulté une zone équatoriale très humide et pluvieuse et des déserts dans la zone des hautes pressions subtropicales. On peut ajouter que des moussons se sont toujours manifestées dans les aires continentales de la zone intertropicale.

Ces principes trouvent une application dans la présence des dépôts éoliens de grès observés dans des régions situées aujourd'hui dans des latitudes moyennes et étudiées par OPDYKE et RUNCORN¹ en Angleterre, et aux U.S.A. au Wyoming, au Nord-Est de l'Utah et au Nord-Ouest du Colorado. De l'examen de leur stratigraphie ils apparaissent être l'effet de vents alizés dominants du Nord-Est; or ces contrées sont aujourd'hui dans la zone des vents du Sud-Ouest, dans une direction donc opposée à celle des vents qui soufflaient à l'époque de la formation des dunes. On peut en conclure que le changement d'orientation de ces vents dominants est dû à une fluctuation des latitudes, c'est-à-dire que les régions de ces grès éoliens étaient alors dans la zone subtropicale des alizés à la fin de l'ère paléozoïque.

Les récentes théories et mesures du paléomagnétisme apportent de nouveaux arguments à l'idée de vastes fluctuations climatiques survenues sur le Globe au paléozoïque au tertiaire, puisqu'elles prétendent retrouver les positions des pôles par rapport aux continents aux différents âges, ce qui implique évidemment des changements de climats accompagnant les migrations (relatives ou réelles) des pôles.

Tous les géologues, paléoclimatologues, paléogéographes ne sont pas encore d'accord sur ces conceptions. On est en présence d'une telle masse de faits, parfois contradictoires au moins en apparence, faits touchant à des disciplines différentes, qu'on peut comprendre qu'il y ait une divergence des opinions, d'autant plus que des doutes sont parfois émis sur la réalité des faits et sur leur signification. Il est évident que si l'on nie l'existence d'une flore tropicale ou subtropicale ou simplement chaude dans les régions polaires de la fin du paléozoïque au mésozoïque, on supprime un des plus importants arguments en faveur des fluctuations

1. OPDYKE, N. D. et RUNCORN, S. K. — Le paléomagnétisme et les directions des vents aux époques anciennes. *Endeavour*, **28**, 69 : 26-34 (1959). — Wind direction in the Western United States in the late Paleozoic. *Bull. of the Geol. Soc. of America* **71**, 7 : 959-972 (1960).

OPDYKE. — The impact of Paleomagnetism on Paleoclimatic Studies. **3**, 6 A (1959).

climatiques. En refusant de considérer les traces de glaciations dans l'hémisphère austral au permo-carbonifère comme des témoins d'un vaste inlandsis, mais comme de simples marques de glaciers de hautes montagnes, on peut persister à croire à la permanence des actuelles conditions climatiques dans cet hémisphère, etc...

VAN STEENIS qui s'est montré dans son étude magistrale « The land-bridge theory in botany »¹ un partisan de la quasi-permanence des continents et des zones latitudinales climatiques actuelles — ne faisant une exception notable que pour une perturbation climatique au quaternaire liée aux périodes glaciaires — a consacré un chapitre à une analyse critique des opinions exprimées sur une extension dans l'Arctique du climat tropical ou subtropical au mésozoïque et au tertiaire. Certaines vues très nuancées reflètent souvent des hésitations de la part des auteurs. Ils admettent en général qu'aux latitudes supérieures de l'hémisphère nord régnaient à différentes périodes du tertiaire des climats plus doux que ceux que l'on y constate actuellement, avec les flores écologiquement correspondantes, mais des incertitudes presque inévitables persistent sur le sens à donner aux climats et flores dits subtropicaux, tropicaux, tempérés chauds. VAN STEENIS est par exemple très sceptique sur la présence à l'éocène dans la flore des argiles de Londres d'une flore tropicale et en particulier d'une mangrove qui caractériserait sans contestation possible une flore tropicale. J'ai discuté ses arguments dans une note précédente. Ils ne m'ont pas convaincu et je m'en tiens à l'interprétation « tropicale » de REID et CHANDLER. Les cartes paléobotaniques des stations fossiles de conifères au mésozoïque et au tertiaire de R. FLORIN², montrent bien la présence de cette flore de conifères jusqu'à de hautes latitudes dans l'hémisphère boréal (Groenland, Spitzberg) et aussi une grande densité de genres à travers l'Europe et les États-Unis. Beaucoup de ces genres caractérisaient des flores chaudes, voire subtropicales. Que les climats chauds qui régnaient alors aient favorisé ensuite le développement des angiospermes tertiaires, rien n'interdit de le penser. On admet cependant qu'au tertiaire supérieur, la composition des flores européennes se rapprochait plus de celle des flores tempérées actuelles. Ce qui laisse supposer un refroidissement du climat, donc un fait en contradiction avec une permanence des zones climatiques latitudinales. Et puis les gisements de houille dans les régions polaires au permo-carbonifère emportent la conviction de la non fixité des zones climatiques car des pôles chauds sont invraisemblables si l'on tient compte des lois de la géophysique.

Le raisonnement conduit inévitablement aux conceptions mobilistes sur la divagation des pôles, ou des dérives continentales ou de combinaisons des deux auxquelles furent déjà conduits WEGENER (1915)

1. VAN STEENIS. — The land-bridge theory in botany. *Blumea* **11**, 2 : 235-372 (1962).

2. R. FLORIN. — The Distribution of Conifer and Taxad Genera in Time and Space. *Acta Horti Bergiani* **20**, 4 : 312 p. Upsala (1963).

puis WEGENER et KÖPPEN (1924)¹ et de nombreux auteurs. On peut choisir mais on ne peut échapper au dilemme : migration des pôles ou dérive continentale!

BERNARD dans l'ouvrage précité s'est rendu à ces raisonnements et avec des arguments mathématiques il admet comme hautement probable la réalité d'une dérive en latitude des continents depuis la fin de l'ère primaire. Les géophysiciens en général ne suivent pas parce qu'ils n'ont pas encore trouvé ni de preuves physiques indiscutables, ni de causes géophysiques certaines prouvant ou expliquant de telles migrations, ou des pôles ou des continents.

Enfin tout de même les glaciations quaternaires proches de nous montrent avec évidence qu'il peut y avoir des changements brutaux et temporaires dans les climats et leur emprise territoriale. Les géophysiciens ne sont pas d'accord sur la cause de cette catastrophe. Et cependant elle a bien existé.

Beaucoup de naturalistes surtout sensibles aux faits d'observation persistent cependant malgré l'incertitude des causes à penser que les climats ont beaucoup changé depuis le paléozoïque et que, soit parce que le réseau des méridiens et parallèles s'est déplacé avec ensemble à la surface de la Terre (cas du déplacement des pôles), soit que ce réseau ait gardé une position à peu près fixe mais que les continents flottants se soient déplacés au travers de ses mailles ou en bloc ou par fragments; les centres de froid et de chaud, d'aridité et d'humidité ont bougé sur la Terre.

1. WEGENER A. - - Die Entstehung der Kontinents und Ozeane. Braunstein 1^{re} éd. (1915).